

Список всех проблем не ограничивается только этими пунктами. Отдельно стоит отметить, что при исследованиях на шельфе необходимо принимать во внимание и такие явления, связанные с сейсмической активностью, как образование зон разжижения грунта, подводные оползни, цунами и др. Изучение всех явлений, возможных при землетрясении, требует дополнительных исследований, что в конечном итоге приводит к увеличению стоимости инженерных изысканий в целом. Всё вышесказанное ещё раз доказывает необходимость разработки нормативной базы для оценки сейсмической опасности на акватории.

Работы по сейсмическому микрорайонированию некоторых объектов нефтегазового комплекса, расположенных на шельфе Каспийского моря, были выполнены лабораторией инженерной геофизики и сейсмического микрорайонирования Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геоэкологии им. Е.М. Сергеева Российской академии наук. Исследования по каждому отдельному объекту условно можно разделить на два крупных этапа: уточнение исходной (фоновой) сейсмичности района и сейсмическое микрорайонирование.

Уточнение исходной сейсмичности производилось на основании уточнённых карт общего сейсмического районирования, разработанных в Институте физики Земли им. О. Ю. Шмидта и результатах предыдущих исследований. Результатом работ служит уточнённое значение максимальной интенсивности сейсмических сотрясений с точностью до десятых доли балла требуемой повторяемости событий.

Сейсмическое микрорайонирование проводилось комплексом методов, среди которых: метод инженерно-геологических аналогий, сейсмических жесткостей, расчётный метод. Результатом этого этапа являются карты сейсмического микрорайонирования с различным периодом повторяемости сотрясений и набор синтезированных акселерограмм (три компоненты колебаний  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ), учитывающий воздействие от наиболее опасных зон возникновения землетрясений.

#### Литература

1. Кауркин М.Д., Несынов В.В., Андреев Д.О. Расчёт сейсмических воздействий для места постановки самоподъемной плавучей буровой установки «Нептун» с целью обеспечения геоэкологической безопасности // Сергеевские чтения. Геоэкологическая безопасность разработки месторождений полезных ископаемых: материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии в рамках Года экологии в России. – Научный совет РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. – 2017. – С. 509-514.
2. Миндель И.Г., Севостьянов В.В., Трифонов Б.А., Кауркин М.Д. Особенности сейсмических воздействий на шельфе Северного и Среднего Каспия с учетом исходной сейсмичности и грунтовых условий // Инженерные изыскания. – 2017. – № 6-7. – С. 108–117.
3. СП 14.13330.2014. Строительство в сейсмических районах. Министерство строительства и ЖКХ РФ. – М.:2014. – 125 с.

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ИСТОРИИ БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ В СКВАЖИНАХ ПАРАБЕЛЬСКОГО МЕГАВЫСТУПА

М.С. Кириллина

Научный руководитель доцент Г.А. Лобова

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

**Введение.** Тепловое поле Земли оказывает существенное влияние на ход превращения исходного рассеянного органического вещества (РОВ) в материнской свите, а также контролирует их мобильность в миграционных процессах и фазовое состояние углеводородов [1, 4, 5]. Зная значение плотности теплового потока из основания разреза, можно восстановить термическую историю нефтепроизводящей толщи, что позволит выявить степень реализации генерационного потенциала нефтематеринских отложений и определить перспективы изучаемых объектов. Для восстановления термической истории нужны данные о плотности теплового потока из основания осадочного разреза – фундаментального геодинамического параметра. Работа проводится в рамках подготовки построения карты теплового потока по Томской области.

**Цель настоящих исследований** – рассчитать плотность теплового потока и восстановить палеотемпературные условия генерации нефти в баженовской свите в скважинах Парабельская-3 (индекс на карте Пар-3) и Нарымская-2 (индекс на карте Нар-2) (рис. 1).

**Характеристика объекта исследований.** Парабельский мегавыступ располагается в юго-восточной части Западно-Сибирской плиты (Томская область). На всей территории исследования распространена верхнеюрская баженовская свита ( $J_{3n}+K_{1b1}$ ), которая является основной нефтепроизводящей толщей в разрезе юго-востока Западной Сибири. В пределах Парабельского мегавыступа при бурении опорной скважины на Колпашевской площади впервые в Западно-Сибирской мегапровинции была установлена нефтегазоносность разреза в верхнепалеозойских отложениях.

**Исходными данными** для решения обратной задачи геотермии являются геотемпературы, полученные при испытании скважин, проведении геотермических исследований, и палеотемпературы, определенные по отражательной способности витринита с учетом времени максимального прогрева разреза. Важное значение при определении плотности теплового потока имеет надежность исходных термических данных. Поэтому в модель закладываются температуры, прошедшие тщательный анализ и отбраковку. Геотемпературы с каротажной диаграммы ОГТ снимаются в интервалах монотонного характера кривой. Моделирование проводится в несколько

## СЕКЦИЯ 5. ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗЕМЛИ И ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ. ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

итераций с различным сочетанием используемых температур. В качестве исходных геотемператур используются только температуры, измеренные при существенном притоке флюида в скважину, когда забойная температуры приближается к значению пластовой. Палеотемпературы, рассчитанные по отражательной способности витринита по способу, предложенному В.И. Исаевым и др. в работе [1], используются в качестве «измеренных» с указанием времени абсолютного максимума палеотемпературы. Для скважины Парabelьская-3 мы использовали пластовую температура, которая снята на глубине 2080 м и составляет 95 °С, так как для расчетов принимаются значения, снятые при значительных дебитах флюида из интервалов испытаний. Палеотемпература, рассчитанная по отражательной способности витринита ( $R_{\text{v}}$ ), взята из близлежащей скважины Парabelьская-2. Для скважины Нарымская-2 использованы только температуры, снятые с диаграммы ОГГ.



**Рис. 1** Положение моделируемых скважин на Парabelьском мегавыступе (на основе [5] с дополнениями):  
1 – моделируемые скважины с использованием геотемператур: а) пластовых, полученных при испытании скважин, снятых с каротажных диаграмм ОГГ и пересчитанных из ОСВ, б) снятых с каротажных диаграмм ОГГ; 2 – моделируемая скважина: в числителе – индекс на карте, в знаменателе – расчетный тепловой поток

**Методика исследований.** Для того чтобы рассчитать значение плотности теплового потока из основания разреза и восстановить палеотемпературные условия формирования баженовской свиты, применяется компьютерная технология ТеплоDialog [2]. Компьютерная технология «ТеплоDialog» позволяет выполнить палеотемпературное моделирование, сопряженное с палеотектоническими реконструкциями с учетом изменения температуры на поверхности Земли в геологическом прошлом [3]. Палеотемпературное моделирование включает решение обратных задач нестационарной геотермии с подвижной границей – расчет значений теплового потока из основания. Для каждой скважины создается модель, учитывающая литологию, мощность свит и время их накопления. После того, как определен тепловой поток из основания осадочного чехла, решаем прямую задачу, которая основана на восстановлении термической истории баженовской свиты и их временных аналогов на 18 ключевых моментов геологического времени (на начало/завершение формирования свит). По геотемпературному критерию [1] выделены очаги интенсивной генерации баженовских нефтей (табл. 1). Пороговые температуры, определяющие границу очага генерации нефти баженовской свиты – 85 °С. Смещение зоны в шкале катагенеза зависит от соотношения РОВ в материнской свите. В баженовской свите РОВ представлено сапропелевой составляющей.

**Таблица**

**Расчетные температуры баженовской свиты для скважин Парabelьская-3 и Нарымская-2**

Время, млн. лет назад	"Местный" вековой ход температур на поверхности Земли, °С [4]	Глубина положения баженовской свиты, м	Геотемпература баженовской свиты в скважине Парabelьская-3, °С	Глубина положения баженовской свиты, м	Геотемпература баженовской свиты в скважине Нарымская-2, °С
0	0	2334.5	73	2391	76
1.64	2.5	2323.5	76	2380	80
4.71	4.2	2322.5	78	2379	81
24	4.5	2321.5	78	2379	82
32.3	9.5	2301.5	82	2362	86
41.7	20.3	2232.5	91	2293	94
54.8	20.5	2159.5	88	2255	93
61.7	19.7	2135.5	86	2206	90
73.2	19.2	2036.5	82	2036	84

**Заключение.** Плотность теплового потока из основания разреза в скважине Нарымская-2 составила 47 мВт/м<sup>2</sup>, в скважине Парabelьская-3 – 46 мВт/м<sup>2</sup>. Палеотемпературное моделирование показало, что время

генерации углеводородов в разрезе скважины Нарымская-2 составило 29,4 млн. лет, а в скважине Парабельская-3 – 20 млн. лет. В настоящее время баженовская свита вышла из «нефтяного окна». При испытании этих скважин притока углеводородов не получено.

#### Литература

4. Бурштейн Л.М., Жидкова Л.В., Конторович А.Э., Меленевский В.Н. Модель катагенеза органического вещества (на при мере баженовской свиты) // Геология и геофизика. – 1997. – Т. 38. – № 6. – С. 1070–1078.
5. Исаев В.И. Интерпретация данных гравиметрии и геотермии при прогнозировании и поисках нефти и газа. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 172 с.
6. Исаев В.И., Рылова Т.Б., Гумерова А.А. Палеоклимат Западной Сибири и реализация генерационного потенциала нефтематеринских отложений // Известия Томского политехнического университета. – 2014. – Т. 324. – №1. – С. 93–102.
7. Степанова, С.С., Кириллина М. С., Меренкова А. С. Карта глубинного теплового потока нефтепромысловых районов Томской области // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXI Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, Томск, 3-7 апреля 2017 г.: в 2 т. – Томск: Изд-во ТПУ, 2017. – Т. 1. – С. 407–408.
8. Isaev V.I., Fomin A.N. Loki of generation of bazhenov- and togur-type oils in the southern Nyurof' ka megadepression // Russian Geology and Geophysics. – 2006. – N. 6. – pp. 731–743.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПАЛЕОМАГНИТНОЙ СТАБИЛЬНОСТИ ОТЛОЖЕНИЙ НИЖНЕМЕЛОВОГО НЕФТЕГАЗОНОСНОГО КОМПЛЕКСА БОЛЬШЕХЕТСКОЙ ТЕРРАСЫ

А.Ю. Колмаков

Научные руководители: доцент В.П. Меркулов, профессор В.П. Парначев

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия*

Различные виды геологических и петрофизических исследований ядра давно и прочно вошли в практику геолого-геофизических исследований нефтяных и газовых месторождений [5]. Но в большинстве случаев анализируются данные, полученные по произвольно расположенным в пространстве образцам горных пород, что приводит к неоднозначным решениям, особенно при изучении сложнопостроенных залежей углеводородов [2, 4, 8].

Проблемы, связанные с расчленением и корреляцией разрезов скважин при построении детальных геологических моделей месторождений нефти и газа, могут с достаточной степенью достоверности решаться при изучении пространственно ориентированного ядра палеомагнитным методом [3]. Палеомагнитный метод занимается определением относительного возраста горных пород с помощью вычисления направления первичной остаточной намагниченности [9]. Направление магнитного поля Земли меняется во времени вследствие инверсий, обусловленных изменением полярности. Промежутки времени между инверсиями в геологическом масштабе времени очень мал. При этом направление первичной остаточной намагниченности остается постоянным и соответствует периоду формирования самой горной породы. Соответственно, направление остаточной намагниченности может являться инструментом для разделения пород по времени образования. Остаточная намагниченность образцов несет в себе «отпечаток» времени формирования горных пород или их вторичного преобразования [1, 6, 9].

В осадочных горных породах, как правило, возникает ориентационная первичная остаточная намагниченность [7]. В связи с действием современного магнитного поля, возникает вязкая остаточная намагниченность, которая накладывается на ориентационную. В сумме они создают естественную остаточную намагниченность, которая современной аппаратурой может быть измерена с достаточно высокой точностью.

Опыт мировых палеомагнитных исследований говорит о том, что магнитная стабильность первичной остаточной намагниченности выше, чем вязкой. Последняя разрушается значительно быстрее, чем более устойчивая первичная. Изучение поведения векторов вязкой и первичной намагниченности в процессе экспериментов, связанных с воздействием переменного магнитного поля, позволяет решить задачу, непосредственно связанную с проблемами стратиграфического расчленения и корреляции нефтегазоносного комплекса отложений. Поскольку вязкая намагниченность была создана современным магнитным полем, то она традиционно используется для пространственной ориентации ядра скважин.

В качестве примера информативности палеомагнитных данных рассмотрим результаты исследований отложений берриас-валанжинского ярусов нижнего мела северо-восточной части Западно-Сибирской плиты. Отбор образцов производился из интервалов берриас-валанжинского возраста по равномерной схеме с шагом 1-1,5 м. При отборе образцов использовались данные магнитной восприимчивости, полученные с помощью капаметра КТ-6. Измерения выполнены с шагом 0,2 м. Объектами исследования, по которым происходил отбор образцов, являлись: Пендомаяхская, Восточно-Сузунская, Восточно-Лодочная и Горчинская площади. Предварительно образцы были ориентированы в направлении «верх-низ».

Для анализа палеомагнитной стабильности была проведена «временная» магнитная чистка для компенсации влияния «лабораторной» вязкой намагниченности. Затем наиболее магнитные образцы (с наибольшей магнитной восприимчивостью) были пошагово (шаг 2 мТл) размагничены переменным магнитным полем. На основании экспериментальных данных были построены кривые размагничивания, которые показаны на рис. 1. По полученным кривым видно, что с увеличением переменного поля вектор остаточной намагниченности резко убывает. Это уничтожается вязкая намагниченность. Затем, после 20 мТл вектор остаточной